

## NANOKOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ SEBAGAI APLIKASI PENYERAP ASAM HUMAT DALAM AIR

Tantriana Nugroho<sup>1)</sup>, Munasir<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Fisika Universitas Negeri Surabaya, email: [tantriananugroho@mhs.unesa.ac.id](mailto:tantriananugroho@mhs.unesa.ac.id)

<sup>2)</sup> Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: [munasir\\_physics@unesa.ac.id](mailto:munasir_physics@unesa.ac.id)

### Abstrak

Kebutuhan air untuk kehidupan manusia sangat tinggi, terutama untuk memenuhi permintaan pasokan air, seperti untuk air minum, memasak, mencuci, mandi, dan lain-lain. Campuran kompleks senyawa organik yang termasuk polutan organik adalah asam humat. Metode adsorpsi digunakan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi, efisiensi adsorpsi dan konsentrasi sisa asam humat menggunakan hasil dari UV-Vis. Hasil penelitian XRD dan FTIR nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  menunjukkan bahwa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  telah berhasil terlapisi oleh silika dan teridentifikasi gugus fungsi ikatan Fe-O-Fe dan ikatan Si-O-Si. Hasil uji UV-Vis menunjukkan bahwa nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  dapat mengadsorpsi polutan organik yaitu asam humat. Massa yang paling baik digunakan adalah 0,05 gram dengan nilai kapasitas adsorpsi 0,280 mg/g.

**Kata kunci :** Nanokomposit, asam humat, adsorpsi, kapasitas adsorpsi

### Abstract

The need for water for human life is very high, especially to meet the demand for water supply, such as for drinking water, cooking, washing, bathing, and others. The complex mixture of organic compounds including organic pollutants is humic acid. Adsorption method is used to determine the adsorption capacity, adsorption efficiency and the concentration of humic acid residue using the results of UV-Vis. The results of XRD and FTIR nanocomposite  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  studies showed that  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  was successfully coated with silica and identified the functional groups of Fe-O-Fe bonds and Si-O-Si bonds. UV-Vis test results showed that the  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$  nanocomposite could adsorb organic pollutants namely humic acid. The best used mass is 0.05 gram with an adsorption capacity value of 0.280 mg/g.

**Keywords:** Nanocomposite, humic acid, adsorption, adsorption capacity

### PENDAHULUAN

Air adalah kebutuhan yang sangat mendasar bagi manusia (Adi, 2009). Kebutuhan air untuk kehidupan manusia sangat tinggi, terutama untuk memenuhi permintaan pasokan air, seperti untuk air minum, memasak, mencuci, mandi, dan lain-lain. Dengan pertumbuhan penduduk yang cepat khususnya kebutuhan air bersih bagi masyarakat juga meningkat jumlahnya. Ketersediaan air bersih adalah kebutuhan dasar manusia untuk hidup (Prayogo, 2009). Sayangnya, ketersediaan air di suatu daerah terkadang tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan air dan memenuhi permintaan air bersih. Polusi air di kota-kota besar di Indonesia, telah menjadi masalah serius. Salah satu sumber pencemaran air yang potensial adalah air limbah domestik yaitu air limbah dari dapur, mandi dan toilet. Sehingga air limbah domestik, kelembagaan dan komersial menyebabkan polusi air yang parah di banyak sungai maupun sumber air lainnya (Widayat, 2009).

Buruknya kualitas air baku untuk air minum, maka selain menambah biaya produksinya, hasilnya sering kali kurang baik. Saat ini, untuk menghilangkan polutan organik, amonia, deterjen, bau dan polutan mikro lainnya dalam air minum, PAM biasanya menggunakan

proses pembuatan menggunakan adsorpsi Karbon Aktif Adsorpsi Bubuk, dilanjutkan dengan pengolahan fisik adalah proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan desinfeksi dengan klorin. Dengan semakin tingginya harga karbon aktif bubuk, bahan kimia koagulan dan flokulan, maka biaya pengolahan air minum semakin meningkat (Said, 2009).

Kadar air dalam tubuh manusia mencapai 68%. Agar tetap hidup, kadar air dalam tubuh manusia harus dipertahankan. Kebutuhan air minum setiap orang bervariasi dari 2,1-2,8 liter/hari tergantung berat badan dan aktivitas sehari-harinya. Namun, agar tetap sehat air minum harus memenuhi persyaratan fisika, kimia maupun bakteriologis. Kehadiran polutan organik dalam sumber air menjadi masalah penting. Campuran kompleks senyawa organik yang termasuk polutan organik adalah asam humat dan fulvat; dan juga, senyawa organik lainnya, termasuk protein, lipid, karbohidrat, asam karboksilat, asam amino, dan hidrokarbon. Polutan organik mempengaruhi kualitas air, seperti warna, rasa dan bau. Polutan organik alami tidak hanya bereaksi dengan desinfektan untuk menghasilkan produk sampingan yang berbahaya bagi kesehatan manusia, tetapi juga mengarah pada pengotoran filter dan

membran, mengurangi kemanjuran beberapa proses pengolahan air tingkat lanjut (Wang et al., 2011).

Nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  telah banyak diaplikasikan. Dalam aplikasi biomedis, nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  telah digunakan dalam bahan adsorben logam berat (Wang et al., 2010), untuk menghilangkan ion tembaga dari air (Chanani et al., 2015), untuk menghilangkan bahan organik alami dari air (Pasandideh et al., 2016).

Selama dekade terakhir, para peneliti telah berusaha untuk menghilangkan asam humat (HA) dari sumber daya air. Dalam hal ini, proses pengolahan konvensional, termasuk adsorpsi dengan berbagai jenis adsorben, koagulasi, pertukaran ion, oksidasi lanjutan, biodegradasi dan filtrasi membran telah diterapkan. Berdasarkan review yang dilakukan berfokus pada masalah ini, salah satu metode yang paling sering digunakan untuk menghilangkan asam humat adalah adsorpsi, karena proses ini memiliki kelebihan sebagai berikut: kemudahan aplikasi, kesederhanaan dan kelayakan, dan tidak mudah terkontaminasi terhadap zat beracun (Pasandideh et al., 2016).

Nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  dapat disintesis menggunakan metode in-situ. Kelebihan dari metode in-situ sendiri adalah matriks dan filler dapat tercampur secara merata. Biaya yang murah dan bahan yang mudah diperoleh membuat metode ini mudah untuk digunakan dalam mensintesis nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  (Ambar, 2018). Pada penelitian Pasandideh pada tahun 2016  $Fe_3O_4/SiO_2$  ditemukan menjadi pilihan yang menjanjikan dalam mengadsorpsi asam humat (HA) dalam berbagai konsentrasi HA dari lingkungan berair. Selain itu, kapasitas adsorpsi  $Fe_3O_4/SiO_2$  lebih tinggi, dibandingkan dengan  $Fe_3O_4$ . Oleh karena itu, adsorben ini dapat dianggap sebagai solusi yang menjanjikan untuk mengolah sumber daya air yang terkontaminasi.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti melakukan penelitian dengan pengaruh komposisi dan pengaruh lama waktu adsorpsi nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  untuk aplikasi adsorben untuk menghilangkan asam humat (HA) dari sumber daya air. Sintesis nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  dilakukan dengan metode in-situ matriks dan filler akan tercampur secara merata dengan bahan silika berupa TEOS.

## METODE

### A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah spatula, pipet, corong, gelas ukur, gelas kimia, neraca digital, kertas saring, oven, magnet permanen, *hot plate magnetic stirrer*. Bahan yang digunakan adalah pasir besi, larutan HCl,

larutan  $NH_4OH$ , aquades, serbuk nanopartikel  $Fe_3O_4$ , larutan ethanol, larutan TEOS.

### B. Variabel Operasional Penelitian

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah volume larutan asam humat, konsentrasi larutan asam humat yaitu 50 ppm, Waktu kontak (30 menit). Variabel manipulasinya adalah massa nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  mulai dari 0,5 ; 0,10; dan 0,15 gram. Sedangkan variabel respon adalah kapasitas adsorpsi nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$ .

### C. Prosedur Penelitian

Proses sintesis nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  dilakukan dengan metode *in-situ* yang di mulai dengan 1 gram serbuk  $Fe_3O_4$  dicampur dengan aquades 24 ml dan dilakukan ultrasonifikasi selama 30 menit. Apabila sudah dilakukan ultrasonifikasi, selanjutnya dimasukkan Ethanol 240 ml dengan diaduk secara rata. Kemudian, ditambahkan Amonia sebanyak 4 ml dan TEOS 4,8 ml. Kemudian di *strirrer* selama 8 jam pada suhu ruang. Larutan yang dihasilkan akan berwarna hitam kecoklatan dan kemudian dicuci sampai dengan pH 7 menggunakan aquades. Dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam.

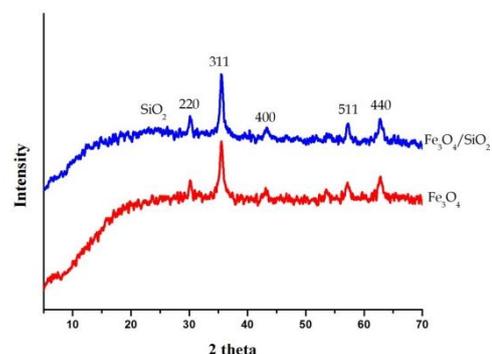
Adsorpsi asam humat dilakukan dengan konsentrasi 50 ppm dimasukkan ke dalam 3 botol kecil berukuran 15 ml, kemudian dimasukkan nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  dengan variasi massa 0,05; 0,10; 0,15 gram dengan waktu kontak masing-masing selama 30 menit.

### D. Tahap Karakterisasi

Nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  diuji XRD untuk mengetahui adanya komposit yang terbentuk. FTIR untuk mengetahui gugus fungsi. UV-Vis untuk mengetahui kapasitas adsorpsi nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  terhadap asam humat.

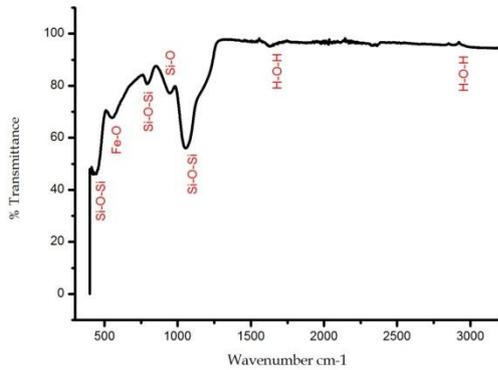
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Struktur $Fe_3O_4/SiO_2$



Gambar 1 Hasil uji XRD  $Fe_3O_4$  dan  $Fe_3O_4/SiO_2$

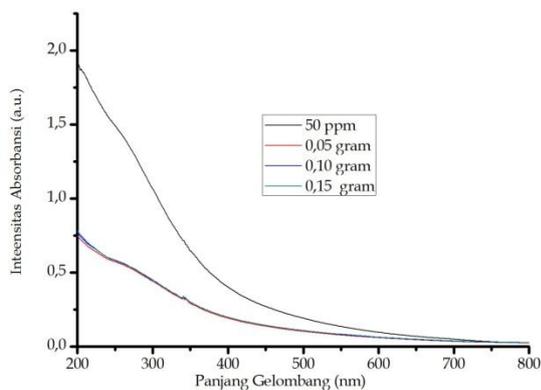
Pada Gambar 1, nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  terdapat bentuk peak silika, sehingga membuktikan adanya gabungan antara puncak partikel  $Fe_3O_4$  dan partikel  $SiO_2$ . Puncak difraksi yang teridentifikasi pada  $2\theta = 30.1^\circ, 35.5^\circ, 43.1^\circ, 57.1^\circ,$  dan  $62.8^\circ$  yang ditandai dalam bidang (220), (311), (400), (511), dan (440).



**Gambar 2** Hasil uji FTIR  $Fe_3O_4$  dan  $Fe_3O_4/SiO_2$

Hasil uji FTIR pola serapan gelombang yang muncul dibandingkan dengan pola serapan gelombang dari penelitian-penelitian sebelumnya. Pencocokan ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang telah terbentuk dari sampel yang sudah diuji. Berdasarkan hasil eksperimen, pada bilangan gelombang  $421,25\text{ cm}^{-1}$  terdapat vibrasi ikatan Si-O-Si. Pada bilangan gelombang  $548,83\text{ cm}^{-1}$  terdapat vibrasi ikatan Fe-O yang merupakan karakteristik dari puncak  $Fe_3O_4$ . Kemudian pada bilangan gelombang  $790,87\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ikatan Si-O-Si, pada bilangan gelombang  $949,36\text{ cm}^{-1}$  merupakan ikatan Si-O. Kemudian pada bilangan  $1054,43\text{ cm}^{-1}$  juga terdapat vibrasi ikatan Si-O-Si. Pada bilangan  $1636,94\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ikatan H-O-H dan pada pola bilangan  $3164,80\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi ikatan H-O-H.

**B. Hasil Uji UV-Vis**

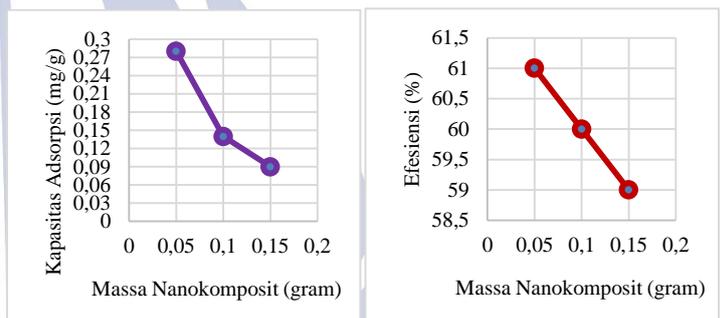


**Gambar 3** Hasil uji UV-Vis untuk variasi massa

Hasil uji UV-Vis adsorpsi HA untuk variasi massa didapatkan intensitas absorbansi awalnya 1,921. Pada massa 0,05 gram didapatkan intensitas absorbansinya 0,7482. Pada massa 0,10 gram didapatkan intensitas absorbansinya 0,7708. Pada massa 0,15 gram didapatkan intensitas absorbansinya 0,7874.

**Tabel 1** Pengaruh variasi massa dengan konsentrasi awal asam humat 50 ppm.

Konsentrasi		Konsent rasi Teradsorp (a.u.)	Massa $Fe_3O_4/SiO_2$ (gram)	Kapasita s Adsorpsi (mg/g)	Efisie nsi (%)
Awal (a.u.)	Akhir (a.u.)				
1,921	0,7482	1,1728	0,05	0,280	61
1,921	0,7707	1,1503	0,10	0,140	60
1,921	0,7874	1,1336	0,15	0,090	59



**Gambar 4** Pengaruh variasi massa nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  terhadap nilai kapasitas adsorpsi dan efisiensi

Dari hasil uji UV-Vis menunjukkan bahwa nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  dapat mengadsorpsi polutan organik yaitu asam humat. Massa yang paling baik untuk digunakan adalah massa 0,05 gram dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 0,280 mg/g dan efisiensi sebesar 61%.

**PENUTUP**  
**Simpulan**

1. Hasil karakterisasi XRD nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  menunjukkan pola difraksi gabungan antara  $Fe_3O_4$  dan  $SiO_2$  sehingga dapat dikatakan bahwa berhasil terbentuk nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  dan hasil uji FTIR menunjukkan pola serapan gelombang yang khas dari  $Fe_3O_4$  dan  $SiO_2$ , maka sintesis nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  berhasil terbentuk.
2. Hasil uji UV-Vis menunjukkan bahwa nanokomposit  $Fe_3O_4/SiO_2$  dapat mengadsorpsi polutan organik yaitu asam humat. Massa yang paling baik digunakan adalah 0,05 gram dengan nilai kapasitas adsorpsi 0,280 mg/g.

**Saran**

1. Variasi pengujian dan penyiapan sampel bisa lebih banyak.

2. Bahan-bahan organik selain asam humat juga bisa digunakan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi, termasuk juga anti bakteri.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Elahe Karimi Pasandideh, Babak Kakavandi, Simin Nasser, Amir Hossein Mahvi, Ramin Nabizadeh, Ali Esrafil and Roshanak Rezaei Kalantary. 2016. Silica-coated magnetite nanoparticles core-shell spheres (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>) for natural organic matter removal. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 14:21.
- Jiahong Wang, Shourong Zheng, Yun Shao, Jingliang Liu, Zhaoyi Xu, Dongqiang Zhu. 2010. Amino-functionalized Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub> core-shell magnetic nanomaterial as a novel adsorbent for aqueous heavy metals removal. *Journal of Colloid and Interface Science*, 349: 293-299.
- Mohammad Eisapour Chanani, Nader Bahramifar, Habibollah Younesi. 2015. Synthesis of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@silica core-shell particles and their application for removal of copper ions from water. *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*. 4: 176-182.
- Nusa Idaman Said. 2009. Uji Kinerja Pwngolahan Air Siap Minum dengan Proses Biofiltrasi, Ultrafiltrasi dan Revesre Osmosis (RO) dengan Air Baku Air Sungai. *Jurnal Air Indonesia*. 5: 144-161
- Seno Adi. 2009. Pemanfaatan dan Konservasi Sumber Air dalam Keadaan Darurat. *Jurnal Air Indonesia*, 5: 1-8.
- Teguh Prayogo. 2009. Akuisi Data Sumber Daya Air Tanah di Daerah Sukodono Kabupaten Pacitan. *Jurnal Air Indonesia*. 5: 23-27
- Wahyu Widayat. 2009. Daur Ulang Air Limbah Domestik Kapasitas 0,9 m<sup>3</sup> per jam menggunakan Kombinasi Reaktor Biofilter Anaerob Aerob dan Pengolahan Lanjutan. *Jurnal Air Indonesia*. 5: 28-40
- Zhenghua Wang, Shiyu Zhu, Suping Zhao, Haibo Hu. 2011. Synthesis of core-shell Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@MS (M= Pb, Zn, and Hg) microspheres and their application as photocatalysts. *Journal of Alloys and Compounds*. 509: 6893-6898.